

## Щодо розрахунку реактивної потужності тиристорних електроприводів

**Ковальов В.М., к.т.н., доц.**

Харьковская национальная академия городского хозяйства  
г. Харьков, ул. Революции, 12, 61002, Украина, (+38057) 707-31-17

*Проведений критичний аналіз відомих методів визначення реактивної потужності тиристорних електроприводів. Пропонується застосування експериментального методу з подальшим узагальненням емпіричними формулами.*

Проблема енергозбереження засобами електропривода при перетворенні електроенергії в механічну роботу завжди залишається актуальною. Тиристорні електроприводи (ТЕП) змінного і постійного струму за приблизними підрахунками споживають біля 10% виробленої електроенергії і їх доля в загальному обсязі перетворення електроенергії постійно зростає. Враховуючи те, що, з одного боку зростає кількість ТЕП, а з іншого – зростає вартість електроенергії в собівартості продукції, то необхідне визначення шляхів підвищення їх енергетичної ефективності. Одним з таких шляхів є підвищення коефіцієнта  $K_{\Pi}$  потужності ТЕП. Підвищення  $K_{\Pi}$  можливе за рахунок компенсації реактивної потужності ТЕП, але для цього необхідно знати величину реактивної потужності ТЕП. На теперішній час не існує єдиного і однозначно відповідного фізичному змістові реактивної потужності метода для її визначення. Тому слід провести критичний аналіз відомих методів з метою розвитку інших методів розрахунку реактивної потужності ТЕП.

За принципом дії ТЕП споживають з мережі несинусоїдний струм, створюючи при цьому фазовий зсув кривої струму від мережної напруги додатково до фазового зсуву спричиненого індуктивністю обмоток двигуна. Розрахунок споживаної реактивної потужності при цьому викликає певні труднощі. На теперішній час відомо біля семи методів розрахунку реактивної потужності для несинусоїдних режимів.

Перший з них запропонований Будяну в 1927 році розраховує реактивну потужність несинусоїдного навантаження як алгебраїчну суму реактивних потужностей, створюваних кожною гармонікою окремо  $Q = \sum_i U_i I_i \sin \varphi_i$ . Хиб-

ність запропонованого методу полягає у використанні математично доведеного Фур'є методу накладування з теорії електричних кіл для окремо взятих гармонік напруги або струму. Проте для добутків двох несинусоїдних величин метод накладування неприйнятний. Окрім цього, склад гармонік напруги і струму може не співпадати. При цьому повна потужність визначається як добуток діючих значень несинусоїдних напруги і струму в колі  $S = U_o I_o \geq \sqrt{P^2 + Q^2}$ . Для виходу з такої ситуації Будяну вводить поняття потужності спотворення  $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$ . Тоді повна потужність має не дві, як при синусоїдних режимах, а три складові  $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$ .

Другий метод запропонований О.А. Маєвським в 1965 році стверджує, що метод Будяну для тиристорних електроприводів не прийнятний, так само і не прийнятне поняття реактивної потужності як швидкості коливального процесу перетворення енергії електричного і магнітного полів. Замість класичного поняття реактивної потужності пропонується поняття приведеної реактивної потужності, величина якої розраховується за формулою  $Q = U_m^2 \cdot \sin^2 \alpha / 4\pi \cdot R$ , де  $U_m, \alpha, R$  - відповідно амплітуда мережної напруги, кут керування тиристором і активний опір електричного кола.

Третій метод запропонований Чиженко І.М. в 1978 році за сприйняттям реактивної потужності аналогічний другому, згідно якому реактивна потужність навантаження з тиристорним випрямлячем розраховується за формулою  $Q = P \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \gamma/2)$ , де  $P, \gamma$  - відповідно активна потужність і кут комутації тиристорів. Згідно цих методів реактивна потужність є функцією кута зсуву кривої струму від кривої напруги. Проте насправді реактивна потужність є аргументом, а кут зсуву є функція. Таким чином, хибність обох методів полягає у порушенні причинно-наслідкових зв'язків при перетворенні електроенергії у кошту та невірному трактуванні понять аргумента і функції.

Інші методи використовують поняття миттєвої реактивної потужності, наприклад представлення Жежеленком та Саєнком реактивної потужності, як швидкості зміни електромагнітної енергії, надає чіткого теоретичного визначення та фізичного змісту поняттю реактивної потужності в несинусоїдальному режимі. Проте не дає практичних рекомендацій для технічної реалізації пристроїв для вимірювання реактивної потужності

Теорія миттєвої реактивної потужності Акагі і Пенг-Толберт аналогічна попередній. Обидві теорії розроблені для теоретичного обґрунтування алгоритмів роботи компенсаторів реактивної потужності. В обох теоріях використовується значення миттєвої реактивної потужності, що дає змогу побудувати пристрої для компенсації реактивної потужності, але потребує складних математичних розрахунків з високою швидкістю, вимагають значних обчислювальних потужностей та об'ємів пам'яті.

Враховуючи вищенаведене можна зробити наступні висновки:

- немає єдності у розумінні фізичного змісту поняття реактивної потужності при несинусоїдних режимах;
- загальною світовою тенденцією розвитку поглядів на питання реактивної потужності при несинусоїдних режимах є перехід від інтегральних методів до методів визначення миттєвої реактивної потужності.

Таким чином, існуючі методи, отримані теоретичним шляхом не мають експериментального підтвердження і, отже, не дозволяють проводити попередні розрахунки реактивної потужності ТЕП з метою компенсації. Виходячи з цього, одним з шляхів вирішення задачі розрахунку реактивної потужності ТЕП є емпіричний метод. Для його реалізації необхідно:

- розробити методологію та технічні засоби вимірювання реактивної потужності ТЕП на основі рівнянь енергетичного балансу;

- для конкретних тиристорних електроприводів змінного та постійного струмів розробити методологію та плани експериментальних досліджень;
- провести експериментальні дослідження та після їх математичної обробки отримати узагальнені емпіричні формули для розрахунку реактивної потужності ТЕП.